

Original document

# PIEZOELECTRIC ELEMENT

Patent number: JP7135345  
Publication date: 1995-05-23  
Inventor: SHIRASAKI TOMOYUKI; ABE AKIHIKO; WAKABAYASHI TAKESHI  
Applicant: CASIO COMPUTER CO LTD  
Classification:  
- international: H01L41/08; H01L41/08; (IPC1-7): H01L41/08  
- european:  
Application number: JP19930302249 19931109  
Priority number(s): JP19930302249 19931109

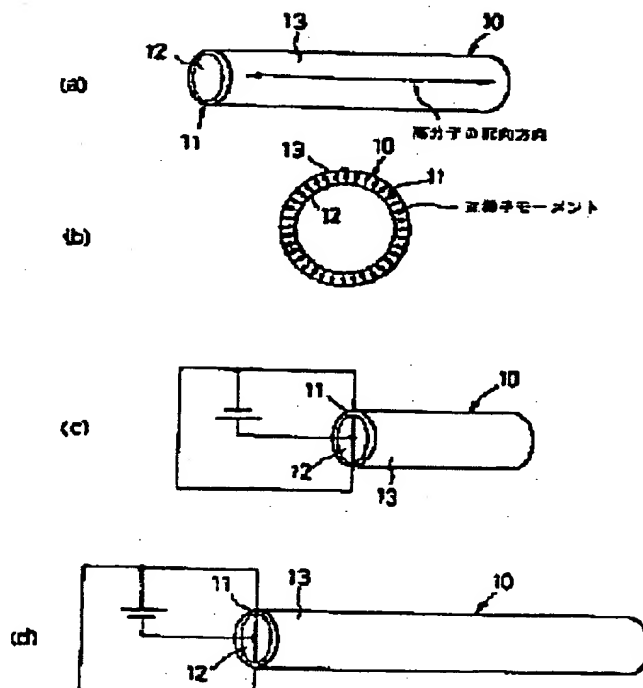
[View INPADOC patent family](#)

[Report a data error here](#)

## Abstract of JP7135345

**PURPOSE:** To provide a small size piezoelectric element in which significant strain conversion is effected while suppressing power consumption.

**CONSTITUTION:** A flexible polymer piezoelectric film 11 of polyvinylidene fluoride is shaped into a tube and electrodes 12, 13 are formed on their inner and outer faces. Since the piezoelectric film 11 can be formed long, a moderate strain can be achieved without applying a high voltage when a voltage is converted into a strain. Furthermore, since the piezoelectric film 11 has flexibility, even a long piezoelectric film 11 can be rolled round a reel, while leaving one end part and thereby the size can be reduced.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 41/08		9274-4M	H 0 1 L 41/ 08	H

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平5-302249  
 (22) 出願日 平成5年(1993)11月9日

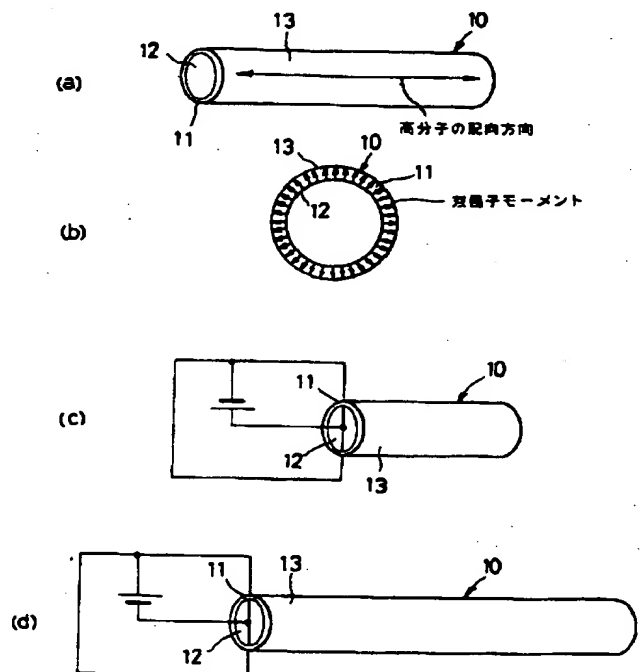
(71) 出願人 000001443  
 カシオ計算機株式会社  
 東京都新宿区西新宿2丁目6番1号  
 (72) 発明者 白岩 友之  
 東京都青梅市今井3丁目10番地6 カシオ  
 計算機株式会社青梅事業所内  
 (72) 発明者 阿部 昭彦  
 東京都青梅市今井3丁目10番地6 カシオ  
 計算機株式会社青梅事業所内  
 (72) 発明者 若林 猛  
 東京都青梅市今井3丁目10番地6 カシオ  
 計算機株式会社青梅事業所内  
 (74) 代理人 弁理士 杉村 次郎

## (54) 【発明の名称】 圧電素子

## (57) 【要約】

【目的】 消費電力を抑え、小型化が可能で、大きな歪変換をする圧電素子を提供する。

【構成】 ポリフッ化ビニリデンなどの可撓性および圧電性を有する高分子からなる圧電フィルム11を筒状に形成し、この筒状の圧電フィルム11の内面および外面にそれぞれ電極12、13を形成した。したがって、圧電フィルム11を長く形成することができ、電圧を歪に変換する際、ある程度の歪を得るのに大きな電圧を印加する必要がないので、消費電力を抑えることができ、また圧電フィルム11を長く形成しても、圧電フィルム11が可撓性を有しているので、一端部10aをある程度残してリール14に巻き取るにより小型化を図ることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 可撓性および圧電性を有する高分子からなる圧電フィルムを筒状に形成し、この筒状の圧電フィルムの内面および外面にそれぞれ電極を形成したことを特徴とする圧電素子。

【請求項2】 前記圧電フィルムは、双極子モーメントが前記圧電フィルムの膜厚方向に形成されていることを特徴とする請求項1記載の圧電素子。

【請求項3】 前記圧電フィルムは、前記高分子が前記筒状の圧電フィルムの長さ方向に配向されていることを特徴とする請求項1記載の圧電素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は圧電素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 一般に、圧電性を有する高分子を用いた圧電素子は、その用途に応じて、主にセンサとアクチュエータとに分類することができる。センサとしての前者の圧電素子は、歪（機械的変位）を電圧に変換することを利用するものであり、例えば圧力センサ、加速度センサ、超音波探針子などに使用されている。また、アクチュエータとしての後者の圧電素子は、上記とは逆の変換にあたり、電圧を歪に変換することを利用するものであり、例えばスピーカなどに使用されている。このような圧電素子は、センサ、アクチュエータなどの用途において、例えばシート状に形成された強誘電性高分子からなる圧電フィルムの両面にそれぞれ電極を形成した構造となっている。

【0003】 ここで、強誘電性高分子であるポリフッ化ビニリデン（以下、PVDFという）からなる圧電フィルムを用いた圧電素子の原理について、図6～図8を参照して説明する。PVDFは、図6（a）に示すように、電気陰性度の高いフッ素原子（F）を保有している。このPVDFからなる圧電フィルムは、PVDFのフィルムを延伸処理した後、ポーリング処理することに\*

$$Y = (F/tw) \div (\Delta l/l) = (F/tw) \times (l/\Delta l) \dots\dots\dots (2)$$

となる。そして、式（2）に式（1）を代入すると、

$$Y = (twQ/ad) \times (l/tw\Delta l) = (Ql)/(ad\Delta l) \dots\dots\dots (3)$$

となる。一方、静電容量をC、電圧をV、絶対誘電率を $\epsilon_0$ 、比誘電率を $\epsilon_r$ とすると、

$$Q = CV, C = (\epsilon_0 \epsilon_r a) / t$$

$$Y = (\epsilon_0 \epsilon_r a V / t a d) \times (l / \Delta l)$$

$$V = (Y t d \Delta l) / (\epsilon_0 \epsilon_r l)$$

となる。この式（4）に圧電フィルムであるPVDFの数値（ $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{F/m}$ 、 $\epsilon_r = 13$ 、 $t = 110 \times 10^{-9} \text{m}$ ）★

$$V = 23 \times (\Delta l / l) \text{ [kV]}$$

となる。この結果、サンプル長lに対し、サンプルの変位長 $\Delta l$ を1%とすると、230Vの電圧を要することになる。

\*よって得られる。すなわち、図6（b）に示す延伸処理したPVDFのフィルム1を加熱しながら、図6（c）に示すように、フィルム1の上面に-の電圧を印加するとともに下面に+の電圧を印加すると、フッ素原子と炭素原子（C）の電気陰性度の差に起因した大きな双極子モーメント（図6（a）に矢印で示す）が膜厚方向（表面に対して垂直方向）であって下面から上面に向かって形成される（逆の電圧を印加した場合には双極子モーメントが上面から下面に向かって形成される）。これにより、自発分極を有する圧電フィルム2が得られる。この圧電フィルム2の上下両面に電極3、4を形成すると、図7（a）、（b）に示すような圧電素子5が得られる。このような圧電素子5では、図7（a）に示すように、上下の電極3、4に圧電フィルム2の双極子モーメントと電界とが同方向になるように電圧を印加すると、同じ炭素原子に結合されているフッ素原子の原子間距離が短くなることにより圧電フィルム2が縮み、また図7（b）に示すように、上下の電極3、4に圧電フィルム2の双極子モーメントと電界とが逆方向になるように電圧を印加すると、フッ素原子の原子間距離が長くなることにより圧電フィルム2が伸びる。

【0004】 このようなシート状の圧電素子5の電圧の歪変換における数式を図8を参照して以下に示す。

（圧電定数）=（単位面積の電極に生じた電荷）/（単位面積当りの加えた力）

であるから、圧電定数をd、電荷をQ、電極面積をa、フィルムに加えられた力をF、膜厚をt、フィルムの幅をwとすると、

$$d = (Q/a) \div (F/tw)$$

$$F = (twQ) / (ad) \dots\dots\dots (1)$$

となる。また、（弾性率）=（単位面積当りの加えた力）/（サンプルの伸び率）

であるから、弾性率をY、サンプルの長さをl、サンプルの変位長を $\Delta l$ とすると、

※であるから、

$$Q = (\epsilon_0 \epsilon_r a V) / t$$

となり、これを式（3）に代入すると、

$$\dots\dots\dots (4)$$

★ $\epsilon_m$ 、 $d = 20.9 \times 10^{-12} \text{C/N}$ 、 $Y = 1.17 \times 10^9 \text{N/m}^2$ ）を代入すると、

$$\dots\dots\dots (5)$$

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、このような従来の圧電素子5では、わずかな歪を比較的大きな

電圧に変換することができるため、すなわち鋭敏に反応するため、センサとしては有効であるが、逆に、かなり大きな電圧を印加しなければ、大きな歪を得ることが困難であるから、アクチュエータには不向きである。すなわち、P V D Fなどの強誘電性高分子は圧電定数が低く、最も高いものの1つであるP V D Fでもアクチュエータとして電圧を歪に変換する場合、ある程度の歪を得るには大きな電圧を印加するか、圧電素子自体を大型化する必要があり、実用面で大きな問題となっていた。この発明の目的は、消費電力を抑え、小型化が可能で、大きな歪変換をする圧電素子を提供することにある。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】この発明は、可撓性および圧電性を有する高分子からなる圧電フィルムを筒状に形成し、この筒状の圧電フィルムの内面および外面にそれぞれ電極を形成したものである。

#### 【0007】

【作用】この発明によれば、圧電性を有する高分子からなる圧電フィルムを筒状に形成したため、圧電フィルムを長く形成することができ、このため電圧を歪に変換する際、ある程度の歪を得るのに大きな電圧を印加する必要がないので、消費電力を抑えることができ、また圧電フィルムを長く形成しても、圧電フィルムが可撓性を有しているため、一端側をある程度残して巻き取ることでより小型化を図ることができる。この場合、電極は筒状の圧電フィルムの内面と外面とに形成されているので、圧電フィルムを巻いても、圧電フィルムの内面と外面の電極が接触することがなく、このため簡単に圧電フィルムを巻くことができる。

#### 【0008】

【実施例】以下、図1および図2を参照して、この発明の第1実施例を説明する。図1はこの発明の圧電素子の基本構造を示す。この圧電素子10は、図1(a)に示すように、可撓性を有する強誘電性高分子、例えばP V D Fからなる圧電フィルム11を円筒状に形成し、この円筒状の圧電フィルム11の内面に内部電極12を形成するとともに、圧電フィルム11の外面に外部電極13を形成した構造となっている。この場合、圧電フィルム11は、延伸処理と電場配向により、双極子モーメントが図1(b)において矢印で示すように膜厚方向で内側から外側に向かう放射方向に形成されているとともに、高分子が図1(a)に矢印で示すように円筒状の圧電フィルム11の長さ方向に配向されている。

【0009】この圧電素子10では、図1(c)に示すように、内部電極12と外部電極13に圧電フィルム11の双極子モーメントと電界とが同方向になるように電圧を印加すると、全体が縮み、図1(d)に示すように、内部電極12と外部電極13に圧電フィルム11の双極子モーメントと電界とが逆方向になるように電圧を印加すると、全体が伸びる。このように圧電素子10が

伸縮するときには、径方向にも若干伸縮するが、高分子が円筒状の長さ方向に配向されているので、ほとんど円筒状の長さ方向に伸縮することになり、効率の良い機械的変位が得られる。

【0010】また、この圧電素子10では、全体を長く形成し、図2(a)に示すように、その一端部10aをある程度残し、他端側をリール14に螺旋状に巻き、この他端側の端部のみをリール14に固定するとともに、この他端側の端部から内部電極12に接続された内部電極リード15および外部電極13に接続された外部電極リード16を導出させた構造にしてもよい。このような圧電素子10では、各電極リード15、16に圧電フィルムの双極子モーメントと電界とが同方向になるように電圧を印加すると、圧電素子10が縮み、図2(b)に示すように圧電素子10の一端部10aが長さ方向に大きく変位することになり、また各電極リード15、16に圧電フィルムの双極子モーメントと電界とが逆方向になるように電圧を印加すると、圧電素子10が伸び、図2(c)に示すように圧電素子10の一端部10aが長さ方向に大きく変位することになる。このように、この圧電素子10では、圧電素子10を長く形成しても、リール14に巻き取ることで、全体をコンパクトに構成することができ、しかも圧電素子10が長いので、小さな電圧で大きな機械的変位を得ることができ、消費電力を大幅に抑えることができる。

【0011】なお、上記実施例では、圧電素子10の各電極12、13を円筒状の圧電フィルム11の内面全体および外面全体にそれぞれ形成したが、これに限らず、例えば図3に示すように、円筒状の圧電フィルム11の内面および外面にそれぞれ螺旋状に形成しても良い。このようにすれば、圧電素子が伸縮する際に、各電極12、13の伸縮抵抗が小さくなるので、より一層、伸縮しやすくなる。

【0012】次に、図4および図5を参照して、この発明の第2実施例を説明する。図4は第2実施例の圧電素子の基本構造を示す。この圧電素子20は、図4(a)に示すように、P V D Fなどの可撓性を有する強誘電性高分子からなる第1圧電フィルム21を断面長方形の角筒状に形成し、この角筒状の第1圧電フィルム21の内面および外面に電極層22、23を形成し、外面の電極層23の表面にP V D Fなどの強誘電性高分子からなる第2圧電フィルム24をコーティングし、この第2圧電フィルム24の外面に電極層25を形成したバイモルフ構造となっている。そして、第1圧電フィルム21は、延伸処理と電場配向により、双極子モーメントが図4(b)において矢印で示すように膜厚方向で外側から内側に向かう方向に形成されているとともに、高分子が図4(a)に矢印で示すように角筒状の第1圧電フィルム21の長さ方向に配向されている。また、第2圧電フィルム24は、延伸処理と電場配向により、双極子モー

メントが図4 (b)において矢印で示すように膜厚方向で内側から外側に向かう方向に形成されているとともに、高分子が図4 (a)に矢印で示すように角筒状の第2圧電フィルム24の長さ方向に配向されている。

【0013】このような圧電素子20では、図4 (b)に示すように、中間電極層23と内部電極層22に第1圧電フィルム21の双極子モーメントと電界とが同方向になるように電圧を印加するとともに、中間電極層23と外部電極層25に第2圧電フィルム24の双極子モーメントと電界とが同方向になるように電圧を印加すると、全体が長さ方向に縮み、また中間電極層23と内部電極層22に第1圧電フィルム21の双極子モーメントと電界とが逆方向になるように電圧を印加するとともに、中間電極層23と外部電極層25に第2圧電フィルム24の双極子モーメントと電界とが逆方向になるように電圧を印加すると、全体が長さ方向に伸びる。したがって、この圧電素子20においても、第1実施例の圧電素子10と同様の作用効果がある。

【0014】次に、この圧電素子20をインクジェット方式のプリンタの印字ヘッドに用いた場合について、図5 (a)および図5 (b)を参照して説明する。この印字ヘッド26は、図5 (a)に示すように、ヘッド本体27と圧電素子20とからなっている。ヘッド本体27は、インク28を収容するインク溜め容器29の先端部(右側端部)にノズル孔30が設けられ、インク溜め容器29の後端部(左側端部)にインク供給路31が設けられ、インク溜め容器29内の上部に柔軟性を有する防浸シート32が張り渡された構造となっている。圧電素子20は、長く形成され、その一端部20aをある程度残してリール33に巻かれ、その他端側の端部のみがリール33に固定されている。そして、リール33はインク溜め容器29の後端側上方に配設され、かつ圧電素子20の一端部20aはインク溜め容器29の後端部に設けられた挿通孔34を通して防浸シート32の上面に密接して配置され、この一端部20の先端面がインク溜め容器29の先端側の内壁に固定されている。

【0015】この印字ヘッド26では、上述したように圧電素子20の第1圧電フィルム21の双極子モーメントと電界とが逆方向になるように電圧を印加するとともに、第2圧電フィルム24の双極子モーメントと電界とが逆方向になるように電圧を印加すると、圧電素子20が伸び、これにより図5 (b)に示すように、圧電素子20の一端部20aが長さ方向に大きく変位して防浸シート32を押し下げることになり、このときにインク溜め容器29内のインク28をノズル孔30から噴射させ

ることができる。

#### 【0016】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、圧電性を有する高分子からなる圧電フィルムを筒状に形成したから、圧電フィルムを長く形成することができ、このため電圧を歪に変換する際、ある程度の歪を得るのに大きな電圧を印加する必要がないので、消費電力を抑えることができ、また圧電フィルムを長く形成しても、圧電フィルムが可撓性を有しているので、一端側をある程度残して巻き取ることにより小型化を図ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1実施例の基本構造を示し、(a)はその圧電素子の斜視図、(b)は双極子モーメントの分極方向を示す拡大断面図、(c)は双極子モーメントと同一の電界を印加した状態を示す図、(d)は双極子モーメントと逆の電界を印加した状態を示す図。

【図2】(a)は図1の圧電素子を巻いた基本構造を示す斜視図、(b)はこの圧電素子に双極子モーメントと同一の電界を印加したときの斜視図、(c)は双極子モーメントと逆の電界を印加したときの斜視図。

【図3】図1の圧電素子の変形例を示す斜視図。

【図4】第2実施例の基本構造を示し、(a)はその圧電素子の斜視図、(b)は双極子モーメントの分極方向を示す要部拡大断面図。

【図5】図4の圧電素子をインクジェット方式の印字ヘッドに使用した一例を示し、(a)は非通電時における要部断面図、(b)は通電時の要部断面図。

【図6】(a)PVDFの分子構造を示す図、(b)はポーリング処理前の双極子モーメントの状態を示す図、(c)はポーリング処理中および処理後の双極子モーメントの状態を示す図。

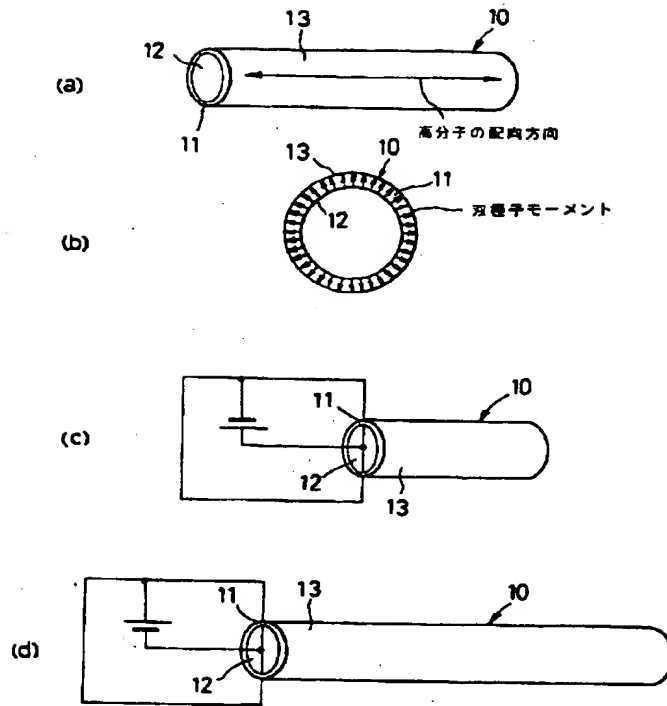
【図7】原子間距離の電場による影響と圧電性の発現の原理を示し、(a)は双極子モーメントと同一の電界を印加した状態を示す図、(c)は双極子モーメントと逆の電界を印加した状態を示す図。

【図8】従来の圧電素子の斜視図。

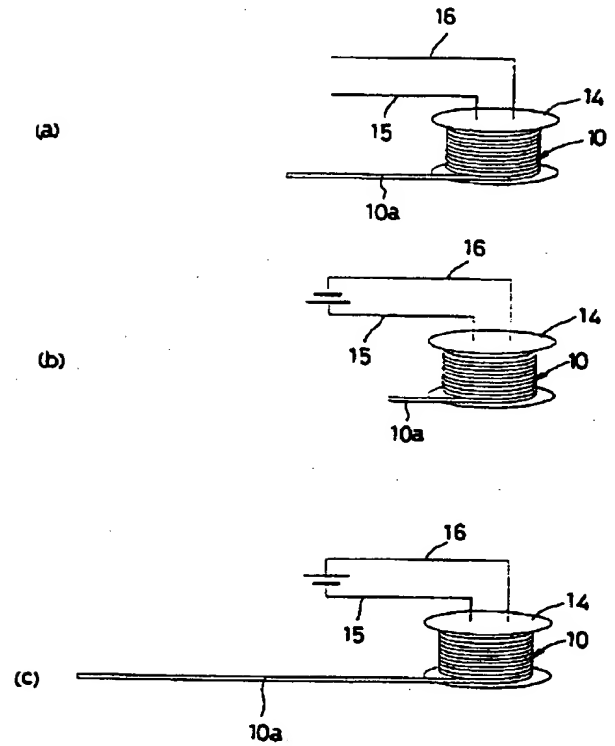
#### 【符号の説明】

- 10、20 圧電素子
- 11 圧電フィルム
- 12、22 内部電極
- 13、25 外部電極
- 21 第1圧電フィルム
- 23 中間電極層
- 24 第2圧電フィルム

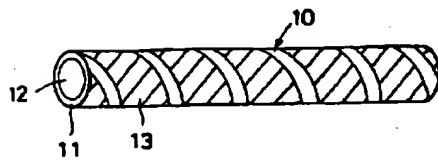
【図 1】



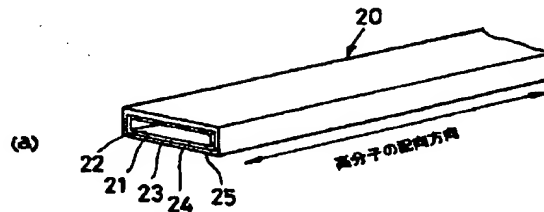
【図 2】



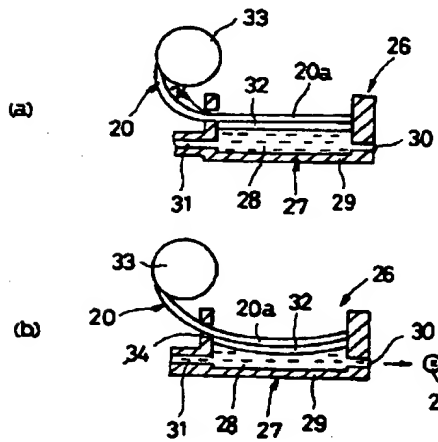
【図 3】



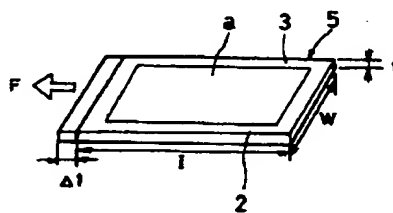
【図 4】



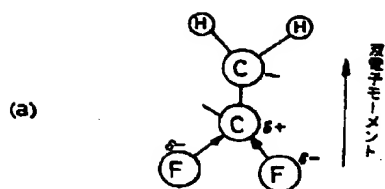
【図 5】



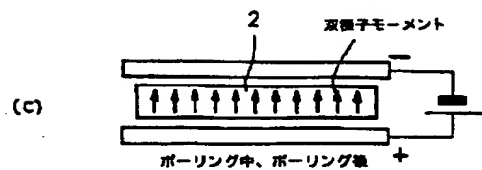
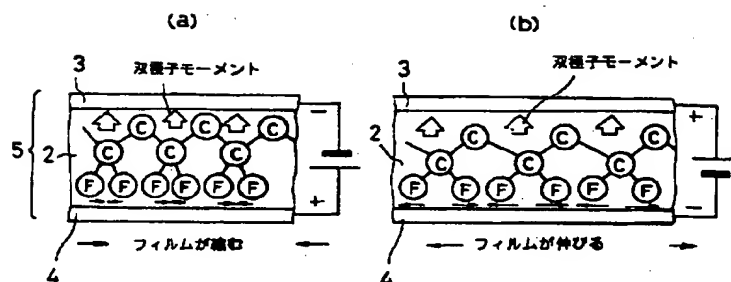
【図 8】



【図6】



【図7】



BEST AVAILABLE COPY